

#2  
18 Apr 02  
P. Tallia

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re PATENT APPLICATION of :

Koji Nakamura :

Serial No.: [NEW] :

Attn: Applications Branch

Filed: January 31, 2002 :

Attorney Docket No.: OKI.296



For: Waveguide Type Optical Element, Integrated Optical Waveguide Type Element  
Using Waveguide Type Optical Element, and a Method of Manufacturing  
Waveguide Type Optical Element and Integrated Optical Waveguide Type  
Element Using Waveguide Type Optical Element

**CLAIM OF PRIORITY**

Honorable Assistant Commissioner for Patents and Trademarks,  
Washington, D.C. 20231

Sir:

Applicant, in the above-identified application, hereby claims the priority date  
under the International Convention of the following Japanese application:

Appln. No. 2001-336642

filed January 11, 2001

as acknowledged in the Declaration of the subject application.

A certified copy of said application is being submitted herewith.

Respectfully submitted,

VOLENTINE FRANCOS, PLLC

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Adam C. Volentine".

Adam C. Volentine  
Registration No. 33,289

12200 Sunrise Valley Drive, Suite 150  
Reston, Virginia 20191  
Tel. (703) 715-0870  
Fax. (703) 715-0877

Date: January 31, 2002

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE



別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日  
Date of Application:

2001年11月 1日

出 願 番 号  
Application Number:

特願2001-336642

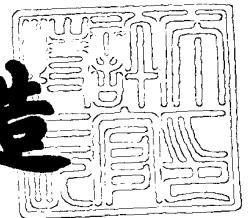
出 願 人  
Applicant(s):

沖電気工業株式会社

2001年11月30日

特 許 庁 長 官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

及 川 耕 造



出証番号 出証特2001-3105238

【書類名】 特許願

【整理番号】 0G004592

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H01S 3/18

【発明者】

【住所又は居所】 東京都港区虎ノ門1丁目7番12号 沖電気工業株式会社  
社内

【氏名】 中村 幸治

【特許出願人】

【識別番号】 000000295

【氏名又は名称】 沖電気工業株式会社

【代理人】

【識別番号】 100089093

【弁理士】

【氏名又は名称】 大西 健治

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 004994

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9720320

【ブルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 導波路型光素子、これを用いた集積化光導波路素子、及びその製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項1】 化合物半導体基板上に形成された光吸収層と、  
前記光吸収層上の所定部に形成されるリッジ部と、  
前記リッジ部下の前記電界吸収層に形成された不純物拡散領域とを有することを特徴とする導波路型光素子。

【請求項2】 長波長で発振させる場合は、前記リッジ部を構成するクラッド層及び前記化合物半導体基板がInPからなることを特徴とする請求項1記載の導波路型光素子。

【請求項3】 短波長で発振させる場合は、前記リッジ部を構成するクラッド層及び前記化合物半導体基板がGaAsからなることを特徴とする請求項1記載の導波路型光素子。

【請求項4】 前記不純物拡散領域は亜鉛拡散により形成されたことを特徴とする請求項1記載の導波路型光素子。

【請求項5】 前記リッジ部の脇の前記光吸収層上には絶縁層が形成されていることを特徴とする請求項1記載の導波路型光素子。

【請求項6】 前記絶縁層はポリイミド層からなることを特徴とする請求項5記載の導波路型光素子。

【請求項7】 前記リッジ部はクラッド層とコンタクト層からなることを特徴とする請求項1記載の導波路型光素子。

【請求項8】 請求項1及至7のいずれかに記載の導波路型光素子を光増幅器または光変調器に集積した集積化光導波路素子。

【請求項9】 化合物半導体基板に光吸収層を形成する工程と、  
前記光吸収層上に化合物半導体層を形成する工程と、  
前記化合物半導体層を選択的にエッチングしてリッジ部を形成する工程とを有し、  
前記化合物半導体層に含まれる不純物を選択的に前記光吸収層に拡散させるこ

とを特徴とする導波路型光素子の製造方法。

【請求項 1 0】 前記選択的不純物拡散工程は、前記光吸収層上にアンドープ化合物半導体層を形成し、このアンドープ化合物半導体層により前記化合物半導体層からの不純物の拡散を抑制しながら、選択的に前記光吸収層に拡散することを特徴とする請求項9記載の導波路型光素子の製造方法。

【請求項 1 1】 前記アンドープ化合物半導体層は前記リッジ部形成予定領域の両端に位置する前記光吸収層上に形成されることを特徴とする請求項9記載の導波路型光素子の製造方法。

【請求項 1 2】 前記不純物は亜鉛であることを特徴とする請求項9記載の導波路型光素子の製造方法。

【請求項 1 3】 長波長で発振させる場合は、前記化合物半導体層、前記アンドープ化合物半導体層及び前記化合物半導体基板がInPからなることを特徴とする請求項9記載の導波路型光素子の製造方法。

【請求項 1 4】 短波長で発振させる場合は、前記化合物半導体層、前記アンドープ化合物半導体層及び前記化合物半導体基板がGaAsからなることを特徴とする請求項9記載の導波路型光素子の製造方法。

【請求項 1 5】 前記アンドープ化合物半導体層は選択成長技術を用いることを特徴とする請求項9記載の導波路型光素子の製造方法。

【請求項 1 6】 前記アンドープ化合物半導体層上に InGaAsP 層をエッチングストップ層として成長することを特徴とする請求項9記載の導波路型光素子の製造方法。

【請求項 1 7】 前記リッジ部の脇の前記光吸収層上には絶縁層が形成されていることを特徴とする請求項9記載の導波路型光素子の製造方法。

【請求項 1 8】 前記化合物半導体層はクラッド層として働き、このクラッド層上にはコンタクト層が形成されていることを特徴とする請求項9記載の導波路型光素子の製造方法。

【請求項 1 9】 請求項9及至18のいずれかに記載の導波路型光素子を光増幅器または光変調器に集積する集積化光導波路素子の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【 0 0 0 1 】

【発明の属する技術分野】

本発明は、導波路型光素子、これを用いた集積化光導波路素子、及びその製造方法に関するものである。特に、光吸収層に関してその近傍の p 型不純物の拡散を制御することによりその高速変調特性を改善する方法に関するものである。

【 0 0 0 2 】

【従来の技術】

従来技術の示す文献として、「DFB-LD/変調器集積化光源における低電圧・高出力化の検討， 信学技報 LQE95-18 (1995-06)」がある。

【 0 0 0 3 】

従来、導波路型光素子、特に電界吸収型変調器付き半導体レーザに関して上記文献に開示されているように、端面反射率を低減させる窓構造の作成方法として、埋め込み成長を実施するという方法があった。

【 0 0 0 4 】

以下に図10を用いて詳細に説明する。

【 0 0 0 5 】

図10 (a) に示すように、グレーティング2が、部分的にInP基板1上に形成される。次に、選択成長マスク対3がInP基板1上に形成される。この選択成長マスク対3のマスク幅は、他の領域に比べ、グレーティング2が形成された領域の方が広がっている。選択成長マスク対3が形成されたInP基板1上に、有機金属気相成長 (MOVPE) 法を用いて、導波路層と活性層を含む多重量子井戸層4、光吸収層5、及び第1のクラッド層6が順次、選択成長する。選択成長マスク対3の間隔は1 ~ 30  $\mu\text{m}$ 程度とし、マスク幅は、5 ~ 50  $\mu\text{m}$ 程度とする。

【 0 0 0 6 】

図10 (b) に示すように、絶縁膜マスク7を用いて、多重量子井戸層4、吸収層5、及び第1のクラッド層6が、島状にエッチングされる。

【 0 0 0 7 】

図10 (c) に示すように、第2のクラッド層8とコンタクト層9が形成される。

【 0 0 0 8 】

図10(d)に示すように、活性領域用p型コンタクト電極10、変調器用p型コンタクト電極11が蒸着される。次に、n型電極12を蒸着後、各電極10、11、12は、アニールにより合金化される。次に、チップ劈開後、低反射膜2-13がコーティングされる。

## 【0009】

上記工程により形成された従来の導波路型光素子の光の伝播方向での各領域の長さは、DFBレーザ領域14で300～700  $\mu\text{m}$ 程度、変調器領域15で50～250  $\mu\text{m}$ 程度、窓領域16で10～50  $\mu\text{m}$ 程度とする。

## 【0010】

## 【発明が解決しようとする課題】

従来の導波路型光素子では、変調器領域に逆方向電圧を印加することにより光吸収層の吸収係数が増大し、光吸収が増加する。その吸収係数の増加量は、印加する電界に依存し、電界による変化量は吸収層の構造によって決定される。電界は、電圧に比例し、空乏層厚に逆比例する。また、変調器に高速変調信号電圧を印加したときの周波数特性は、吸収層の電気的容量に依存することから、高速変調特性（10GHz以上）が要求される場合、電気的容量を低減しなくてはならない。すなわち、吸収層面積を縮小するか空乏層厚を厚くしなければならない。しかし、上述のように、吸収量を上げるための構造パラメータとトレードオフの関係にある。この様に、変調器の高速変調特性は、電界吸収層構造のみならず空乏層の厚みを制御しなければならない。

## 【0011】

しかしながら、従来の導波路型光素子の形成方法は、有機金属気相成長法（MOVPE法）により結晶成長を行っている。この方法では、p型不純物として亜鉛（Zn）が使用されている。この亜鉛は、拡散係数が大きく拡散しやすいという特徴があり、この亜鉛拡散によって変調特性が変化してしまうため、正確な制御が必要とされる。特に、本発明にかかわる逆メサリッジ導波路構造においては、リッジ導波路成長時に添加した亜鉛が、吸収層へ拡散した場合、高周波信号を印加すると、導波路脇への電気信号の染み出しが起こり、電気容量が低下し、そのため、変調特性も劣化するという問題があった。

【 0 0 1 2 】

【課題を解決するための手段】

上記問題を解決することを目的とし、本発明の導波路型光素子は、化合物半導体基板上に形成された光吸収層と、前記光吸収層上の所定部に形成されるリッジ部と、前記リッジ部下の前記光吸収層に形成された不純物拡散領域とを有することを特徴とする。

【 0 0 1 3 】

また、導波路型光素子の製造方法は、化合物半導体基板に光吸収層を形成する工程と、前記光吸収層上に化合物半導体層を形成する工程と、前記化合物半導体層を選択的にエッチングしてリッジ部を形成する工程とを有し、前記化合物半導体層に含まれる不純物が選択的に前記光吸収層に拡散させることを特徴とする。

【 0 0 1 4 】

【発明の実施の形態】

本発明の第1の実施例の導波路型光素子の製造方法について、図1及び図2を用いて説明する。図1及び図2は本発明の第1の実施例の導波路型光素子の製造工程を説明するための断面斜視図である。

【 0 0 1 5 】

図1（a）に示すように、光吸収層12がn型InP基板11上に形成される。ここで、光吸収層12は四元混晶により形成される。アンドープInP層13が光吸収層12上に形成される。ここで、アンドープInP層13の厚みは、10～200nmとする。このとき、量子閉じ込めシュタルク効果（QCSE）を利用する場合、光吸収層12は、多重量子井戸構造（MQW構造）とする。

【 0 0 1 6 】

図1（b）に示すように、フォトリソとエッチングにより、絶縁膜マスク14が、アンドープInP層13上に形成される。絶縁膜マスク14の開口部の幅は、1～3 $\mu$ m程度とする。

【 0 0 1 7 】

図1（c）に示すように、アンドープInP層13は、光吸収層12を露出するまで、絶縁膜マスク14を用いてエッチング除去される。このとき、光吸収層12が四元



混晶により形成するため、エッチングストップ層として使用できる。また、エッチング除去領域は、導波路型光素子のリッジ部形成領域と一致する。

#### 【 0 0 1 8 】

図 1 ( d ) に示すように、 p -InP クラッド層 15 が、露出した光吸収層 12、及びアンドープ InP 層 13 を覆うように形成される。次に、 p -InGaAs コンタクト層 16 が p -InP クラッド層 15 上に形成される。

#### 【 0 0 1 9 】

上記のとおり、光吸収層 12 および p -InP クラッド層 15 を MOVPE 成長する際、光吸収層 12 成長時は不純物を添加せず、 p -InP クラッド層 15 成長時は、 p 型不純物を添加する。このとき、 p 不純物として添加する原料は、亜鉛 ( Zn ) が選ばれる。このとき、亜鉛のキャリア密度を制御することにより、吸収層に亜鉛が拡散する量を制御する。実際には、MOVPE 成長は、600 ~ 700 ° C の高温で成長する。また、成長時間も通常 p -InP クラッド層 15 は 1 μ m 以上成長するので、成長速度によるが 20 ~ 60 分かかる。亜鉛の拡散は、キャリア密度と温度と時間によって決まる。それらの値を制御することによって、光吸収層 12 に亜鉛が拡散するよう成長条件を制御する。拡散する量も光吸収層 12 と p -InP クラッド層 15 の界面に拡散する程度とし、光吸収層 12 を貫通しないよう制御する必要がある。

#### 【 0 0 2 0 】

図 2 ( a ) に示すように、絶縁膜マスク 17 が、 p -InGaAs コンタクト層 16 上に形成される。このとき、絶縁膜マスク 17 はリッジ部形成領域上を覆い、このリッジ部形成領域の脇に開口部を有するように形成される。

#### 【 0 0 2 1 】

図 2 ( b ) に示すように、リッジ部形成領域の脇に位置する p -InP クラッド層 15 及び p -InGaAs コンタクト層 16 は、光吸収層 12 を露出するまで、絶縁膜マスク 17 を用いてエッチングされる。このエッチング工程は具体的には、光吸収層 12 に達する直前までドライエッチングで実行し、その後をウェットエッチングにより選択的にアンドープ InP 層 13 をエッチングする。この結果、逆メサ形状のリッジ部 18 が形成される。その後、第 1 の絶縁層 19 が、リッジ部 18 の脇の溝部に形成される。次に、第 2 の絶縁層としてポリイミド層によって、溝部を埋め込むように第 1

の絶縁層19上に形成される。

#### 【 0 0 2 2 】

図2 (c) に示すように、絶縁層マスク21はリッジ部18を露出するように、このリッジ部18脇の p-InGaAs コンタクト層16上に形成される。p型コンタクト電極22は、リッジ部18の一部である p-InGaAs コンタクト層16上に蒸着され、絶縁層マスク21上の所定部まで引き出されるように蒸着される。ここで、電極面積低減のために、p型コンタクト電極22はパッド型の電極形状とする。

次に、n型InP基板11の厚さが、100～200  $\mu\text{m}$  となるように、n型InP基板11の裏面を研磨した後、n型電極23がn型InP基板11の裏面上に蒸着される。その後、アニールにより各電極22、23が合金化する。

#### 【 0 0 2 3 】

図2 (d) に示すように、チップ劈開後、低反射膜24が導波路型光素子の光入出力端面にコーティングされる。導波路型光素子の長さは、光の伝播方向で、50～350  $\mu\text{m}$  とする。

#### 【 0 0 2 4 】

上述した本発明の第1の実施例の導波路型光素子の製造方法の特徴は、アンドープInP 層13を利用して、選択的に光吸収層12にZnを拡散させることに有る。具体的には、リッジ部18脇の光吸収層12上には、アンドープInP 層13を形成することによって、p-InPクラッド層15から光吸収層12へのZn拡散は、リッジ部18脇では抑制され、かつリッジ部下では積極的に行われるようにした。

#### 【 0 0 2 5 】

また、上述した図1及び図2の工程により形成された本発明の第1の実施例の導波路型光素子の構成の特徴部は、化合物半導体基板上に形成された光吸収層と、光吸収層上の所定部に形成されるリッジ部と、リッジ部下の光吸収層に形成された不純物拡散領域とを有することである。

#### 【 0 0 2 6 】

従って、本発明の第1の実施例の導波路型光素子は、リッジ部下の光吸収層に不純物拡散領域が形成されているので、空乏層が厚み方向で薄くなり、電界が強くなるようにできる。従って、デバイスの消光比特性の向上が図れる。

また、リッジ部脇の光吸収層には不純物拡散領域が形成されていないので、デバイスの偏波依存性を小さくすることができる。例えば、光吸収層に $0.1\mu\text{m Zn}$ を拡散させて不純物拡散領域を形成したとすると、低周波数領域でのE/Oレスポンスが劣化する。これは、周波数成分が横方向にリークするため見かけ上の空乏層面積が増大すると共に、空乏層厚も薄くなっているし、電気容量が劣化すると共に周波数依存性があるためである。本発明の第1の実施例の導波路型光素子によれば、この横方向の高周波成分のリークがなくなるため、周波数特性の劣化がなくなる。

## 【 0 0 2 7 】

さらに、リッジ部下の光吸収層内に形成される不純物拡散領域は、p-InPクラッド層15から光吸収層12へのZn拡散により形成されるものであり、この不純物拡散領域の深さ(Xj)は、光吸収層と化合物半導体基板との界面まで達しない程度とする。このように不純物拡散領域の深さを設定することによって、光吸収層で効率的に電界をかけることができる。従って、最適にデバイスの消光比特性の向上を図ることができる。

## 【 0 0 2 8 】

さらに、長波長で発振させる場合は、リッジ部を構成するクラッド層及び化合物半導体基板がInPからなるように構成する。さらに、短波長で発振させる場合は、リッジ部を構成するクラッド層及び化合物半導体基板がGaAsからなるように構成する。

## 【 0 0 2 9 】

さらに、拡散スピードが速いという点で、Znが最適ではあるが、代替案として、マグネシウム(Mg)、又はベリリウム(Be)も採用できる。

## 【 0 0 3 0 】

本発明の第1の実施例の導波路型光素子を用いた集積化光導波路素子の製造方法、特に導波路型光素子として分布帰還形レーザ(DFB-LD)を集積した光増幅器または光変調器に適用した集積化光導波路素子の製造方法について、図3～図5を用いて説明する。

## 【 0 0 3 1 】

図3～図5は本発明の第1の実施例の導波路型光素子を用いた集積化光導波路素子の製造方法を説明するための断面斜視図である。

【 0 0 3 2 】

図3（a）に示すように、n-InP基板31の上へグレーティング32を干渉露光技術などを用いたフォトリソとエッチングにより形成する。次に、活性層33とp-InP層34を結晶成長する。

【 0 0 3 3 】

図3（b）に示すように、島状の絶縁膜マスク35を形成し、脇をエッチングする。このとき、n-InP 基板31上に作成したグレーティング32もエッチングにより除去する。

【 0 0 3 4 】

図3（c）に示すように、光吸収層36とアンドープ InP層37を結晶成長により形成する。このときの吸収層構造は、量子閉じ込めシュタルク効果（QCSE）を利用する場合は、多重量子井戸構造（MQW構造）とする。また、アンドープ InP層37の厚みは、10～300nmとする。

【 0 0 3 5 】

図3（d）に示すように、絶縁膜マスク38を形成し、フォトリソとエッチングにより絶縁膜マスク38を形成する。このとき、マスク間隔は、1～3 $\mu$ mとする。

【 0 0 3 6 】

図4（a）に示すように、アンドープ InP層37のマスクが形成されていない部分を、選択的にエッチングにより除去する。このとき、四元混晶により形成された吸収層をエッチングストップ層として使用する。

【 0 0 3 7 】

図4（b）に示すように、p-InP クラッド層39とp-InGaAs コンタクト層40を結晶成長する。

【 0 0 3 8 】

上記のとおり、光吸収層36およびp-InPクラッド層39をMOVPE成長する際、光吸収層36成長時は不純物を添加せず、p-InPクラッド層39成長時は、p型不純物を添加する。このとき、p不純物として添加する原料は、亜鉛（Zn）が選ばれる

。このとき、亜鉛のキャリア密度を制御することにより、光吸収層36に亜鉛が拡散する量を制御する。実際には、MOVPE成長は、600～700℃程度の高温で成長する。また、成長時間も通常 p-InP クラッド層15は1  $\mu\text{m}$  以上成長するので、成長速度によるが20～60分程度かかる。亜鉛の拡散は、キャリア密度と温度と時間によって決まる。それらの値を制御することによって、光吸収層36に亜鉛が拡散するよう成長条件を制御する。拡散する量も光吸収層36と p-InP クラッド層39の界面に拡散する程度とし、光吸収層36を貫通しないよう制御する必要がある。

## 【 0 0 3 9 】

図 4 (c) に示すように、絶縁膜マスク41を形成する。

## 【 0 0 4 0 】

図4 (d) に示すように、絶縁膜マスク41を用いて、エッチングを行う。このとき、光吸収層36に達する直前までドライエッチングを行ってから、ウェットエッチングにより選択的に p-InP クラッド層39をエッチングする。このとき、逆メサ形状になり、リッジ部42を形成する。そして、リッジ部脇の絶縁膜43を堆積させた後、ポリイミド44で埋め込む。

## 【 0 0 4 1 】

図5 (a) に示すように、絶縁膜45を形成し、活性層領域用 p 型コンタクト電極46と変調器領域用 p 型コンタクト電極47を蒸着し、電極面積低減のためにパッド型の電極形状とする。また、n型のInP基板厚が、100～200  $\mu\text{m}$  となるように、研磨する。次に、n型電極48を蒸着した後、各電極をアニールにより合金化する。

## 【 0 0 4 2 】

図5 (b) に示すように、チップ劈開後、低反射膜49をコーティングする。チップ形成後の各領域の長さは、活性層領域が100～550  $\mu\text{m}$  とし、変調器領域が50～350  $\mu\text{m}$  となるようにする。

## 【 0 0 4 3 】

上述した本発明の第1の実施例の導波路型光素子を用いた集積化光導波路素子の製造方法の特徴は、アンドープInP 層を利用して、選択的に光吸収層にZnを拡散させることに有る。具体的には、リッジ部脇の光吸収層上には、アンドープIn

P 層を形成することによって、p-InPクラッド層から光吸収層へのZn拡散は、リッジ部脇では抑制され、かつリッジ部下では積極的に行われるようにした。

## 【 0 0 4 4 】

また、上述した図3～図5の工程により形成された本発明の第1の実施例の導波路型光素子を用いた集積化光導波路素子の構成の特徴部は、化合物半導体基板上に形成された光吸収層と、光吸収層上の所定部に形成されるリッジ部と、リッジ部下の光吸収層に形成された不純物拡散領域とを有することである。

## 【 0 0 4 5 】

従って、本発明の第1の実施例の導波路型光素子は、リッジ部下の光吸収層に不純物拡散領域が形成されているので、空乏層が厚み方向で薄くなり、電界が強くなるようにできる。従って、デバイスの消光比特性の向上が図れる。また、リッジ部脇の光吸収層には不純物拡散領域が形成されていないので、デバイスの偏波依存性を小さくすることができる。例えば、光吸収層に $0.1\mu\text{m}$ 程度Znを拡散させて不純物拡散領域を形成したとすると、低周波数領域でのE/Oレスポンスが劣化する。これは、周波数成分が横方向にリークするため見かけ上の空乏層面積が増大すると共に、空乏層厚も薄くなっているし、電気容量が劣化すると共に周波数依存性があるためである。本発明の第1の実施例の導波路型光素子によれば、この横方向の高周波成分のリークがなくなるため、周波数特性の劣化がなくなる。

## 【 0 0 4 6 】

さらに、リッジ部下の光吸収層内に形成される不純物拡散領域は、p-InPクラッド層から光吸収層へのZn拡散により形成されるものであり、この不純物拡散領域の深さ(Xj)は、光吸収層と化合物半導体基板との界面まで達しない程度とする。このように不純物拡散領域の深さを設定することによって、光吸収層で効率的に電界をかけることができる。従って、最適にデバイスの消光比特性の向上を図ることができる。

## 【 0 0 4 7 】

さらに、長波長で発振させる場合は、リッジ部を構成するクラッド層及び化合物半導体基板がInPからなるように構成する。さらに、短波長で発振させる場合

は、リッジ部を構成するクラッド層及び化合物半導体基板がGaAsからなるように構成する。

【 0 0 4 8 】

さらに、拡散スピードが速いという点で、Znが最適ではあるが、代替案として、マグネシウム (Mg)、又はベリリウム (Be) も採用できる。

【 0 0 4 9 】

本発明の第2の実施例の導波路型光素子の製造方法について、図6及び図7を用いて説明する。図6及び図7は本発明の第2の実施例の導波路型光素子の製造工程を説明するための断面斜視図である。

【 0 0 5 0 】

図6 ( a ) に示すように、n型InP基板51の上へ光吸収層52とアンドープ InP層53を結晶成長により形成する。このときの光吸収層構造は、量子閉じ込めシュタルク効果 (QCSE) を利用する場合は、多重量子井戸構造 (MQW構造) とする。アンドープ InP層53の厚みは、10～300nmとする。

【 0 0 5 1 】

図6 ( b ) に示すように、絶縁膜マスク54を形成し、フォトリソとエッチングにより絶縁膜マスク54を形成する。このとき、マスクの開口部の間隔は、1～4  $\mu$  mとしマスク幅は、3～50  $\mu$  mとする。

【 0 0 5 2 】

図6 ( c ) に示すように、絶縁膜マスク54が形成されていない部分のアンドープ InP層53を、選択的にエッチングにより除去する。このとき、四元混晶により形成された吸収層をエッチングストップ層として使用する。また、次に選択成長するために、一度、マスクを除去してから選択成長マスクを新たに形成してもかまわない。

【 0 0 5 3 】

図6 ( d ) に示すように、p-InP クラッド層55とp-InGaAs コンタクト層56を選択的に結晶成長する。このとき、マスク間隔と幅の値により、成長領域の成長速度が増大するので、予め最適化しておく必要がある。

【 0 0 5 4 】

上記のとおり、光吸収層52および p-InPクラッド層55をMOVPE成長する際、光吸収層52成長時は不純物を添加せず、p-InPクラッド層55成長時は、p型不純物を添加する。このとき、p不純物として添加する原料は、亜鉛（Zn）が選ばれる。このとき、亜鉛のキャリア密度を制御することにより、光吸収層52に亜鉛が拡散する量を制御する。実際には、MOVPE成長は、600～700℃の高温で成長する。また、成長時間も通常 p-InPクラッド層55は1  $\mu$ m以上成長するので、成長速度によるが20～60分かかる。亜鉛の拡散は、キャリア密度と温度と時間によって決まる。それらの値を制御することによって、光吸収層52に亜鉛が拡散するよう成長条件を制御する。拡散する量も光吸収層52と p-InPクラッド層55の界面に拡散する程度とし、光吸収層52を貫通しないよう制御する必要がある。

## 【0055】

図7（a）に示すように、絶縁膜マスク57を形成し、ポリイミド58で埋め込む。

## 【0056】

図7（b）に示すように、絶縁膜マスク59を形成し、p型コンタクト電極60を蒸着し、電極面積低減のためにパッド型の電極形状とする。また、n型InP基板厚が、100～200  $\mu$ mとなるように、研磨した後、n型電極61蒸着後、各電極はアニールにより合金化する。

## 【0057】

図7（c）に示すように、チップ劈開後、低反射膜62をコーティングする。チップ形成後の各領域の長さは、50～350  $\mu$ mとする。

## 【0058】

上述した本発明の第2の実施例の導波路型光素子の製造方法の特徴は、アンドープInP層を利用して、選択的に光吸収層にZnを拡散させることに有る。具体的には、リッジ部脇の光吸収層上には、アンドープInP層を形成することによって、p-InPクラッド層から光吸収層へのZn拡散は、リッジ部脇では抑制され、かつリッジ部下では積極的に行われるようにした。

## 【0059】

また、上述した図6～図7の工程により形成された本発明の第2の実施例の導波



路型光素子の構成の特徴部は、化合物半導体基板上に形成された光吸収層と、光吸収層上の所定部に形成されるリッジ部と、リッジ部下の光吸収層に形成された不純物拡散領域とを有することである。

## 【 0 0 6 0 】

従って、本発明の第2の実施例の導波路型光素子は、リッジ部下の光吸収層に不純物拡散領域が形成されているので、空乏層が厚み方向で薄くなり、電界が強くなるようにできる。従って、デバイスの消光比特性の向上が図れる。また、リッジ部脇の光吸収層には不純物拡散領域が形成されていないので、デバイスの偏波依存性を小さくすることができる。例えば、光吸収層に $0.1\mu\text{m Zn}$ を拡散させて不純物拡散領域を形成したとすると、低周波数領域でのE/Oレスポンスが劣化する。これは、周波数成分が横方向にリークするため見かけ上の空乏層面積が増大すると共に、空乏層厚も薄くなっているし、電気容量が劣化すると共に周波数依存性があるためである。本発明の第1の実施例の導波路型光素子によれば、この横方向の高周波成分のリークがなくなるため、周波数特性の劣化がなくなる。

## 【 0 0 6 1 】

さらに、リッジ部下の光吸収層内に形成される不純物拡散領域は、p-InPクラッド層から光吸収層へのZn拡散により形成されるものであり、この不純物拡散領域の深さ(Xj)は、光吸収層と化合物半導体基板との界面まで達しない程度とする。このように不純物拡散領域の深さを設定することによって、光吸収層で効率的に電界をかけることができる。従って、最適にデバイスの消光比特性の向上を図ることができる。

## 【 0 0 6 2 】

さらに、長波長で発振させる場合は、リッジ部を構成するクラッド層及び化合物半導体基板がInPからなるように構成する。さらに、短波長で発振させる場合は、リッジ部を構成するクラッド層及び化合物半導体基板がGaAsからなるように構成する。

## 【 0 0 6 3 】

さらに、拡散スピードが速いという点で、Znが最適ではあるが、代替案として

、マグネシウム (Mg)、又はベリリウム (Be) も採用できる。

【 0 0 6 4 】

本発明の第2の実施例の導波路型光素子を用いた集積化光導波路素子の製造方法、特に導波路型光素子として分布帰還形レーザ (DFB-LD) を集積した光増幅器または光変調器に適用した集積化光導波路素子の製造方法について、図8及び図9を用いて説明する。

【 0 0 6 5 】

図8及び図9は本発明の第2の実施例の導波路型光素子を用いた集積化光導波路素子の製造方法を説明するための断面斜視図である。

【 0 0 6 6 】

図8 (a) に示すように、n-InP基板71の上へグレーティング72を干渉露光技術などを用いたフォトリソとエッチングにより形成する。次に、活性層73とp-InP層74を結晶成長する。

【 0 0 6 7 】

図8 (b) に示すように、島状の絶縁膜マスク75を形成し、脇をエッチングする。このとき、n-InP基板71上に作成したグレーティング72もエッチングにより除去する。

【 0 0 6 8 】

図8 (c) に示すように、光吸収層76とアンドープ InP層77を結晶成長により形成する。このときの吸収層構造は、量子閉じ込めシュタルク効果 (QCSE) を利用する場合は、多重量子井戸構造 (MQW構造) とする。アンドープ InP層77の厚みは、10～300nmとする。

【 0 0 6 9 】

図8 (d) に示すように、絶縁膜マスク78を形成し、フォトリソとエッチングにより絶縁層マスク78を形成する。このとき、マスク開口部間隔は、1～4  $\mu\text{m}$  とし、マスク幅は、3～50  $\mu\text{m}$  とする。

【 0 0 7 0 】

図9 (a) に示すように、絶縁膜マスク78が形成されていない部分のアンドープ InP層77を、選択的にエッチングにより除去する。このとき、四元混晶により

形成された吸収層をエッチングストップ層として使用する。また、次に選択成長するために、一度、マスクを除去してから選択成長マスクを新たに形成してもかまわない。

#### 【 0 0 7 1 】

図9 (b) に示すように、p-InP クラッド層79と p-InGaAs コンタクト層80を結晶成長する。このとき、マスク間隔と幅の値により、成長領域の成長速度が増大するので、予め最適化しておく必要がある。

#### 【 0 0 7 2 】

上記のとおり、光吸収層76および p-InP クラッド層79をMOVPE成長する際、光吸収層76成長時は不純物を添加せず、p-InP クラッド層79成長時は、p 型不純物を添加する。このとき、p 型不純物として添加する原料は、亜鉛 (Zn) が選ばれる。このとき、亜鉛のキャリア密度を制御することにより、光吸収層76に亜鉛が拡散する量を制御する。実際には、MOVPE成長は、600～700℃ の高温で成長する。また、成長時間も通常 p-InP クラッド層79は1  $\mu\text{m}$  以上成長するので、成長速度によるが20～60分かかる。亜鉛の拡散は、キャリア密度と温度と時間によって決まる。それらの値を制御することによって、光吸収層76に亜鉛が拡散するよう成長条件を制御する。拡散する量も光吸収層76と p-InP クラッド層79の界面に拡散する程度とし、光吸収層76を貫通しないよう制御する必要がある。

#### 【 0 0 7 3 】

図9 (c) に示すように、絶縁膜マスク78を除去した後、絶縁膜マスク81を形成し、ポリイミド82で埋め込む。

#### 【 0 0 7 4 】

図9 (d) に示すように、絶縁膜マスク83を形成し、活性層領域用 p 型コンタクト電極84と変調器領域用 p 型コンタクト電極85を蒸着し、電極面積低減のためにパッド型の電極形状とする。また、n 型のInP基板厚が、100～200  $\mu\text{m}$  となるように、研磨する。次に、n 型電極86が蒸着された後、各電極はアニールにより合金化される。

#### 【 0 0 7 5 】

図9 (e) に示すように、チップ劈開後、低反射膜87がコーティングされる。

チップ形成後の各領域の長さは、活性層領域が $100\sim 550\ \mu\text{m}$ とし、変調器領域が $50\sim 350\ \mu\text{m}$ となるようにする。

#### 【 0 0 7 6 】

上述した本発明の第2の実施例の導波路型光素子を用いた集積化光導波路素子の製造方法の特徴は、アンドープInP層を利用して、選択的に光吸収層にZnを拡散させることに有る。具体的には、リッジ部脇の光吸収層上には、アンドープInP層を形成することによって、p-InPクラッド層から光吸収層へのZn拡散は、リッジ部脇では抑制され、かつリッジ部下では積極的に行われるようにした。

#### 【 0 0 7 7 】

また、上述した図8～図9の工程により形成された本発明の第2の実施例の導波路型光素子を用いた集積化光導波路素子の構成の特徴部は、化合物半導体基板上に形成された光吸収層と、光吸収層上の所定部に形成されるリッジ部と、リッジ部下の光吸収層に形成された不純物拡散領域とを有することである。

#### 【 0 0 7 8 】

従って、本発明の第2の実施例の導波路型光素子は、リッジ部下の光吸収層に不純物拡散領域が形成されているので、空乏層が厚み方向で薄くなり、電界が強くなるようにできる。従って、デバイスの消光比特性の向上が図れる。また、リッジ部脇の光吸収層には不純物拡散領域が形成されていないので、デバイスの偏波依存性を小さくすることができる。例えば、光吸収層に $0.1\ \mu\text{m Zn}$ を拡散させて不純物拡散領域を形成したとすると、低周波数領域でのE/Oレスポンスが劣化する。これは、周波数成分が横方向にリークするため見かけ上の空乏層面積が増大すると共に、空乏層厚も薄くなっているし、電気容量が劣化すると共に周波数依存性があるためである。本発明の第1の実施例の導波路型光素子によれば、この横方向の高周波成分のリークがなくなるため、周波数特性の劣化がなくなる。

#### 【 0 0 7 9 】

さらに、リッジ部下の光吸収層内に形成される不純物拡散領域は、p-InPクラッド層から光吸収層へのZn拡散により形成されるものであり、この不純物拡散領域の深さ( $X_j$ )は、光吸収層と化合物半導体基板との界面まで達しない程度とす

る。このように不純物拡散領域の深さを設定することによって、光吸収層で効率的に電界をかけることができる。従って、最適にデバイスの消光比特性の向上を図ることができる。

【 0 0 8 0 】

さらに、長波長で発振させる場合は、リッジ部を構成するクラッド層及び化合物半導体基板がInPからなるように構成する。さらに、短波長で発振させる場合は、リッジ部を構成するクラッド層及び化合物半導体基板がGaAsからなるように構成する。

【 0 0 8 1 】

さらに、拡散スピードが速いという点で、Znが最適ではあるが、代替案として、マグネシウム (Mg)、又はベリリウム (Be) も採用できる。

【 0 0 8 2 】

【発明の効果】

本発明の導波路型光素子、これを用いた集積化光導波路素子、及びその製造方法は、リッジ部下の光吸収層に不純物拡散領域が形成されているので、デバイスの消光比特性の向上が図れる。また、リッジ部脇の光吸収層には不純物拡散領域が形成されていないので、デバイスの偏波依存性を小さくすることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明の第1の実施例の導波路型光素子の製造方法を説明するための断面斜視図である。(その1)

【図2】

本発明の第1の実施例の導波路型光素子の製造方法を説明するための断面斜視図である。(その2)

【図3】

本発明の第1の実施例の導波路型光素子を用いた集積化光導波路素子の製造方法を説明するための断面斜視図である。(その1)

【図4】

本発明の第1の実施例の導波路型光素子を用いた集積化光導波路素子の製造方

法を説明するための断面斜視図である。（その2）

【図5】

本発明の第1の実施例の導波路型光素子を用いた集積化光導波路素子の製造方法を説明するための断面斜視図である。（その3）

【図6】

本発明の第2の実施例の導波路型光素子の製造方法を説明するための断面斜視図である。（その1）

【図7】

本発明の第2の実施例の導波路型光素子の製造方法を説明するための断面斜視図である。（その2）

【図8】

本発明の第2の実施例の導波路型光素子を用いた集積化光導波路素子の製造方法を説明するための断面斜視図である。（その1）

【図9】

本発明の第2の実施例の導波路型光素子を用いた集積化光導波路素子の製造方法を説明するための断面斜視図である。（その2）

【図10】

従来の導波路型光素子の製造方法を説明するための断面斜視図である。

【符号の説明】

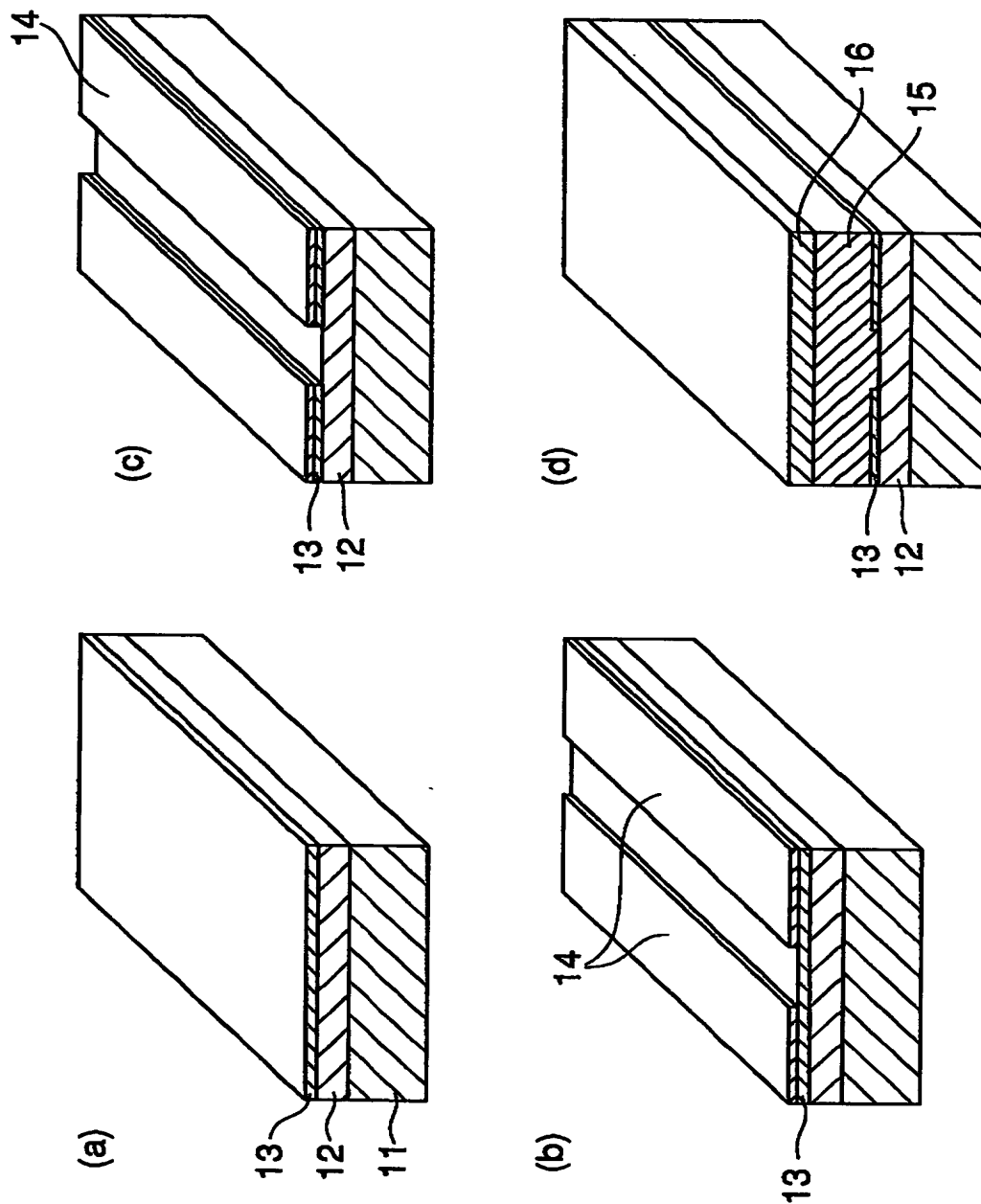
- 12 光吸収層
- 13 アンドープInP 層
- 15 p-InP クラッド層
- 16 p-InGaAs コンタクト層
- 17 絶縁膜マスク
- 18 リッジ部
- 19 第1の絶縁層
- 20ポリイミド層
- 21 絶縁層マスク
- 22 p型コンタクト電極

23 N型電極

24 低反射膜

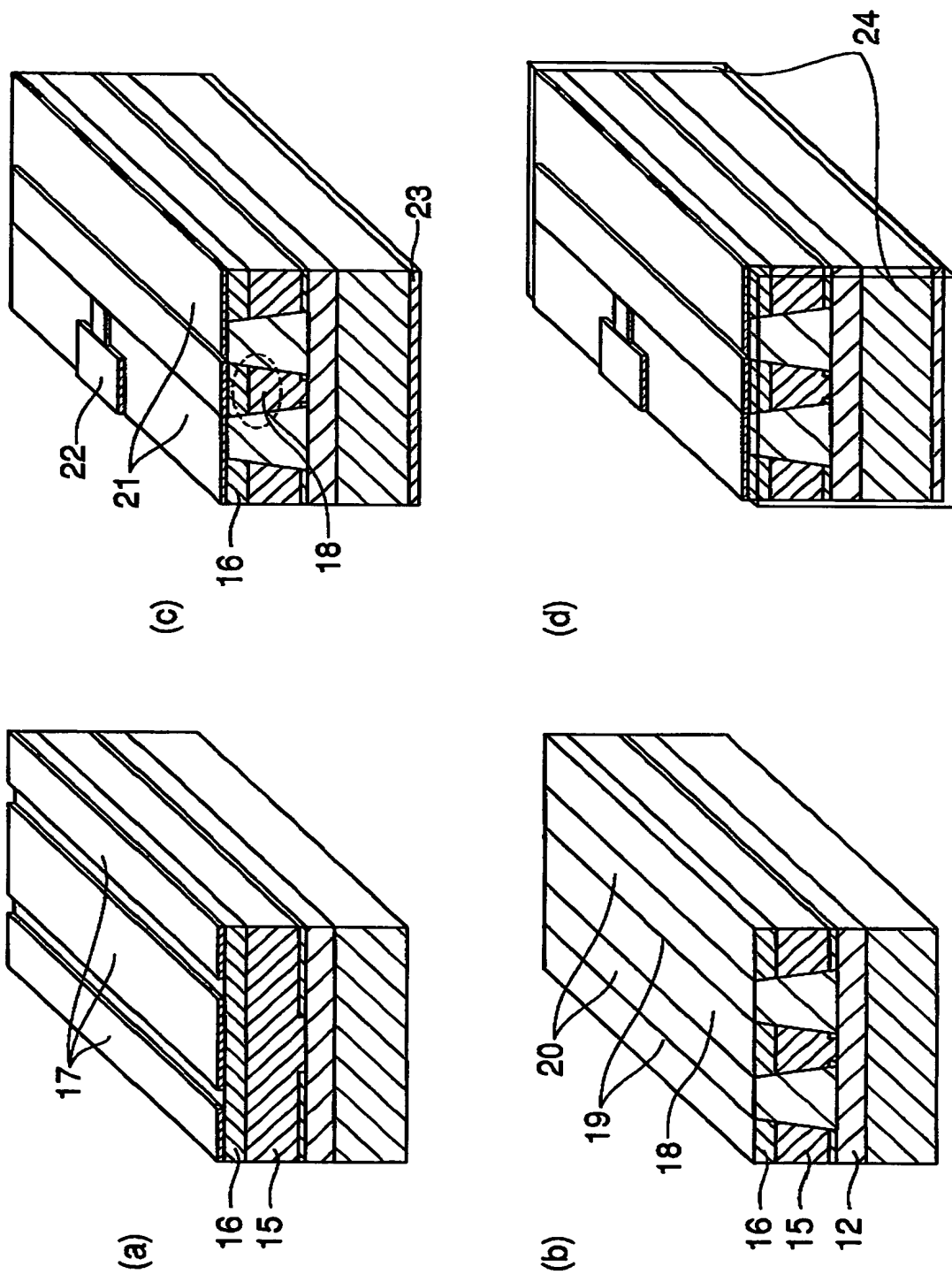
【書類名】 図面

【図1】

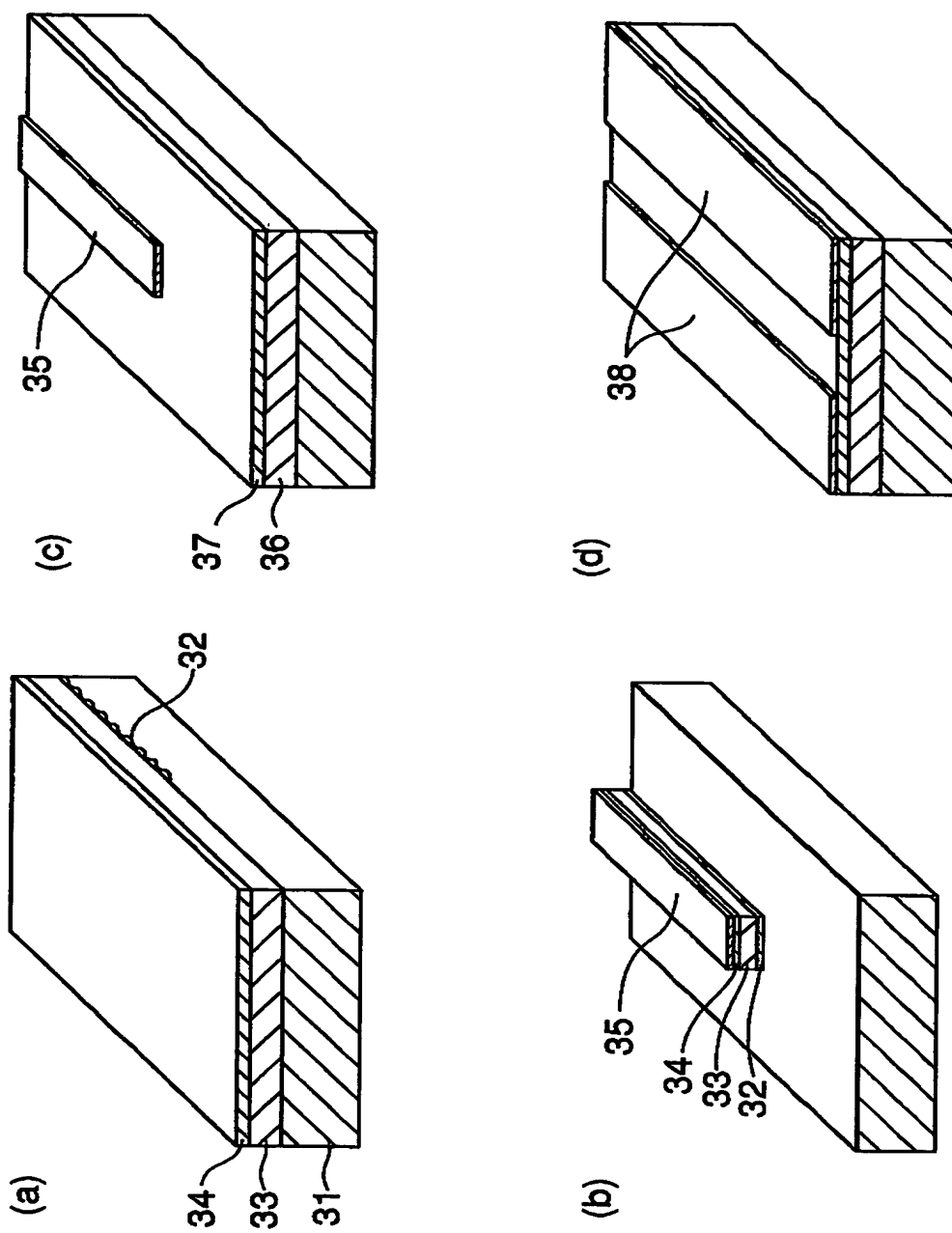




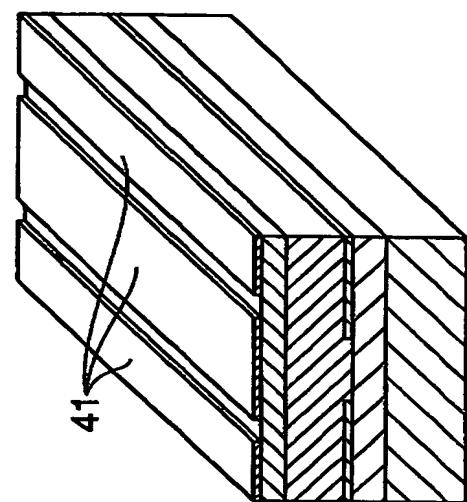
【図 2】



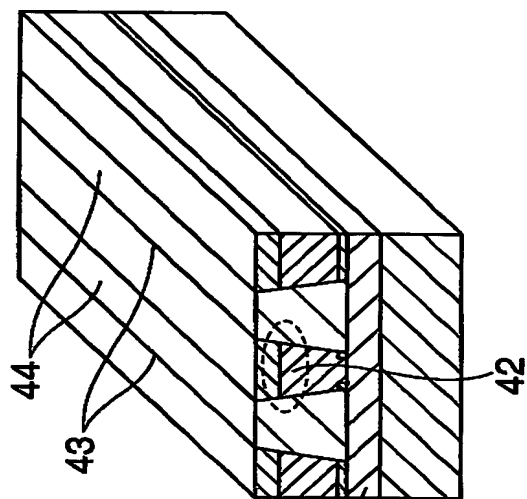
【図 3】



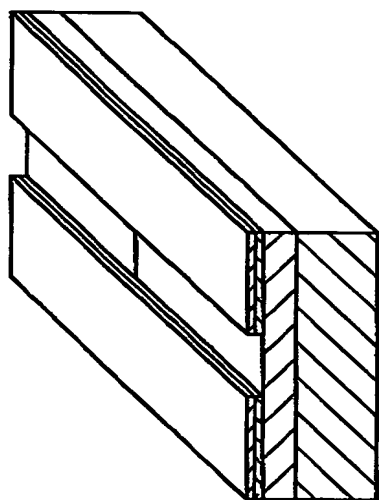
【図 4】



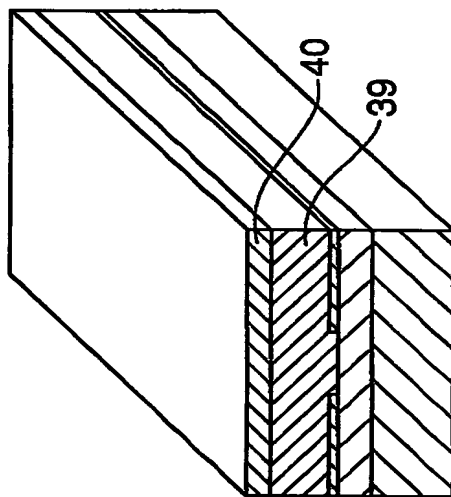
(c)



(d)

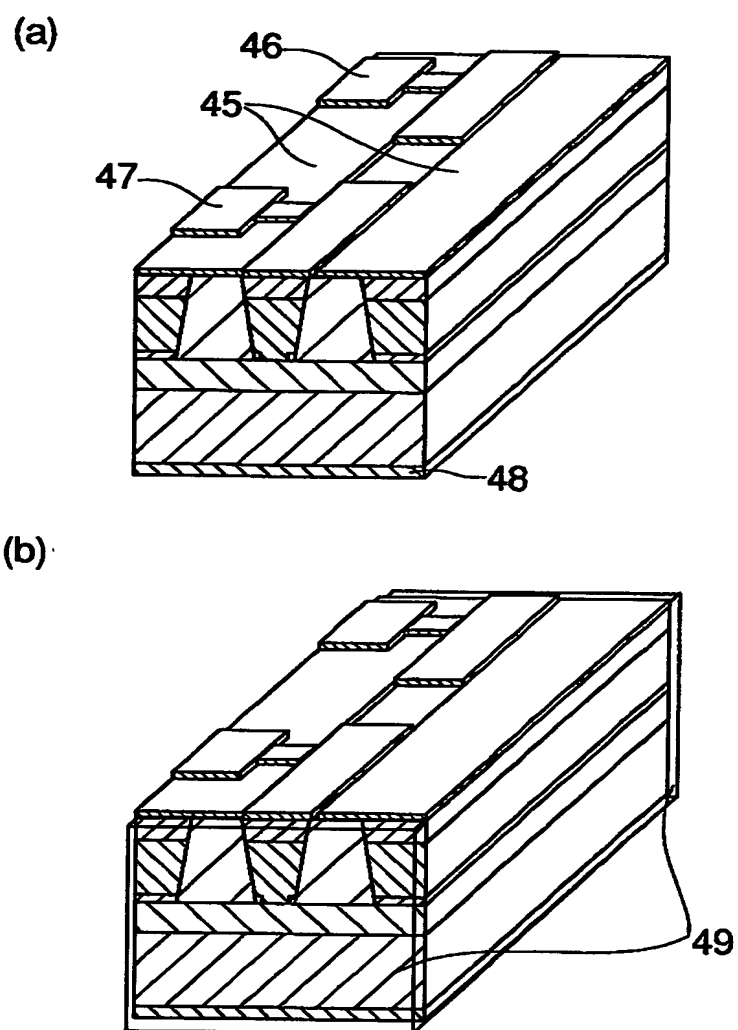


(a)

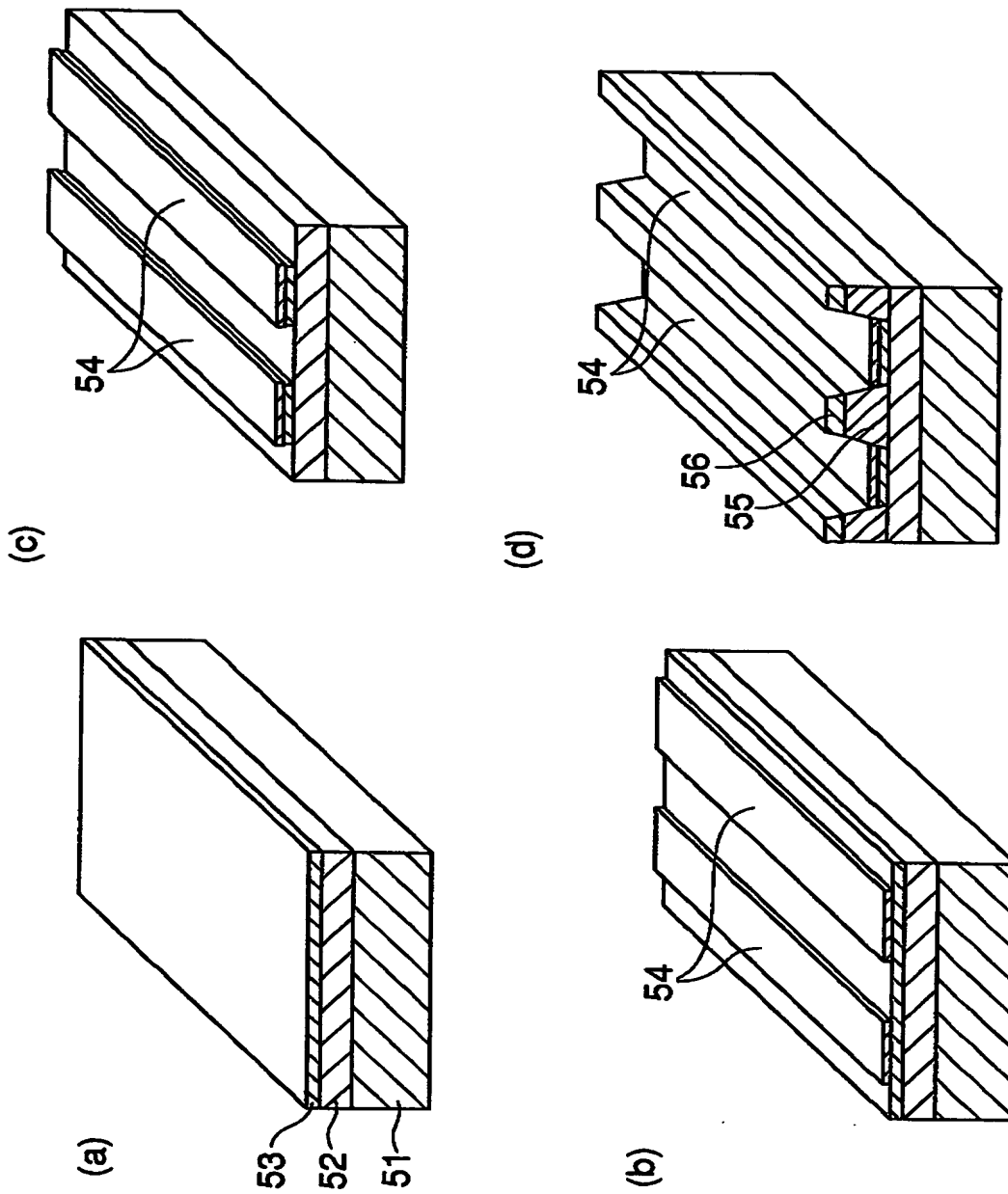


(b)

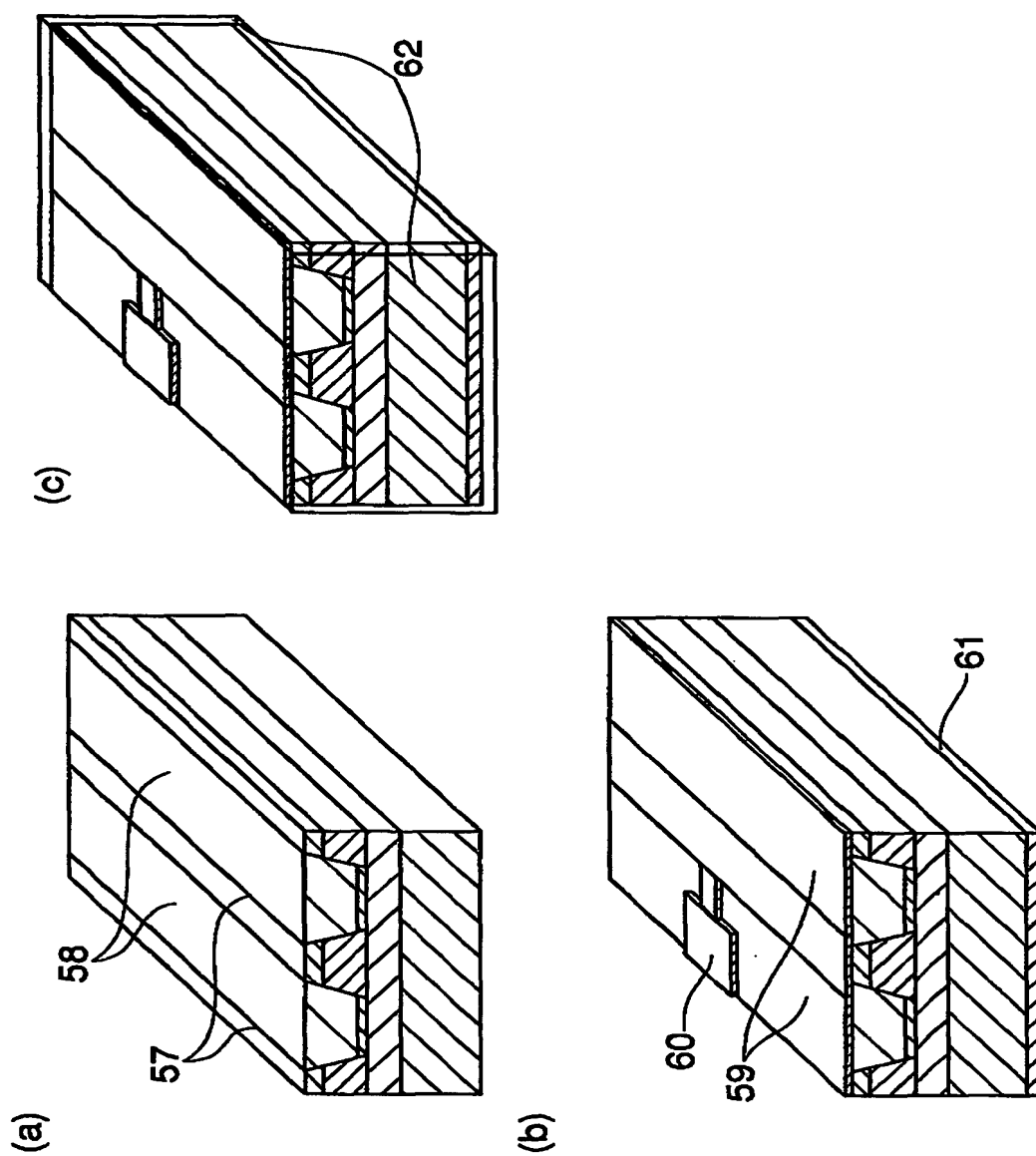
【図 5】



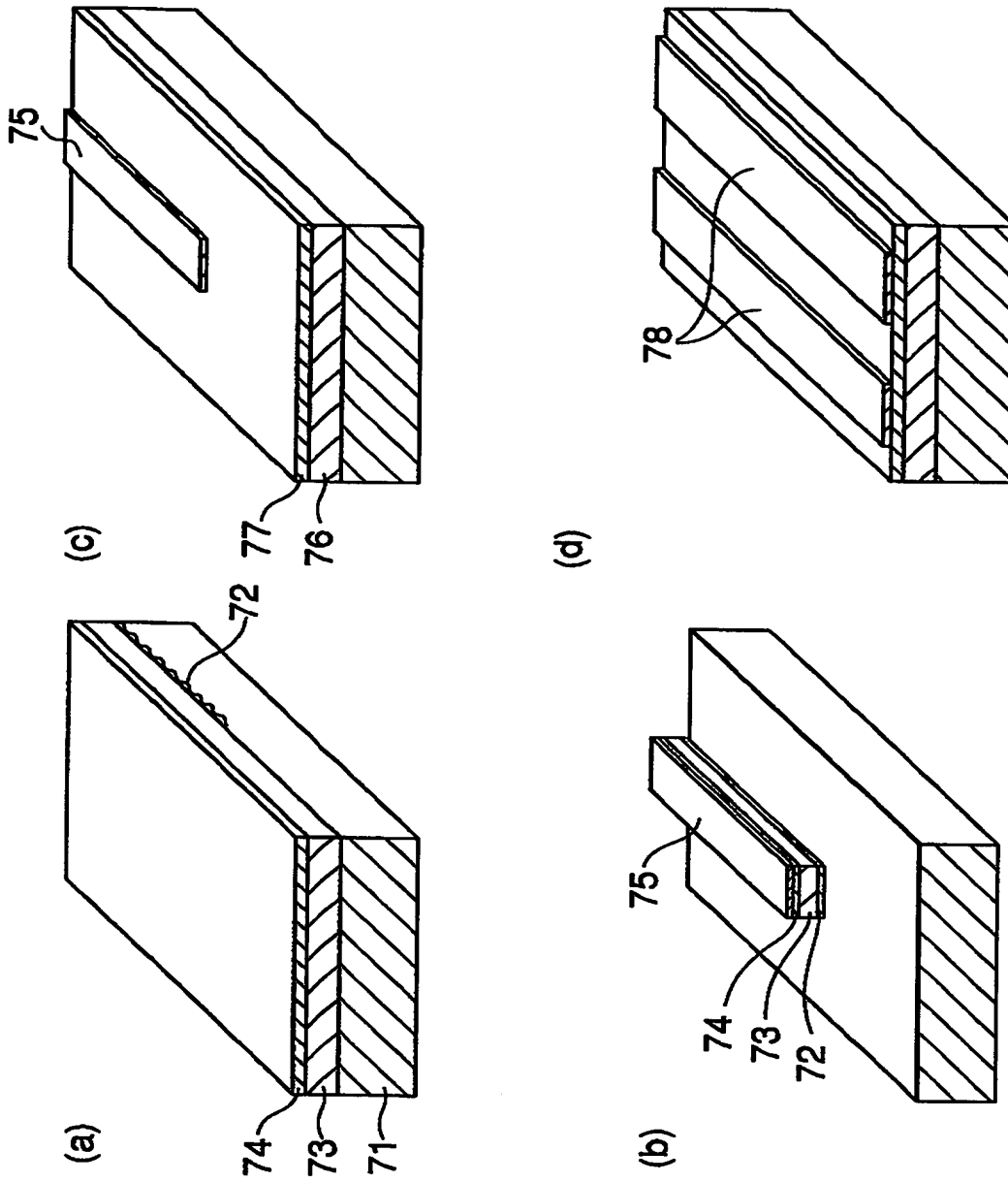
【図 6】



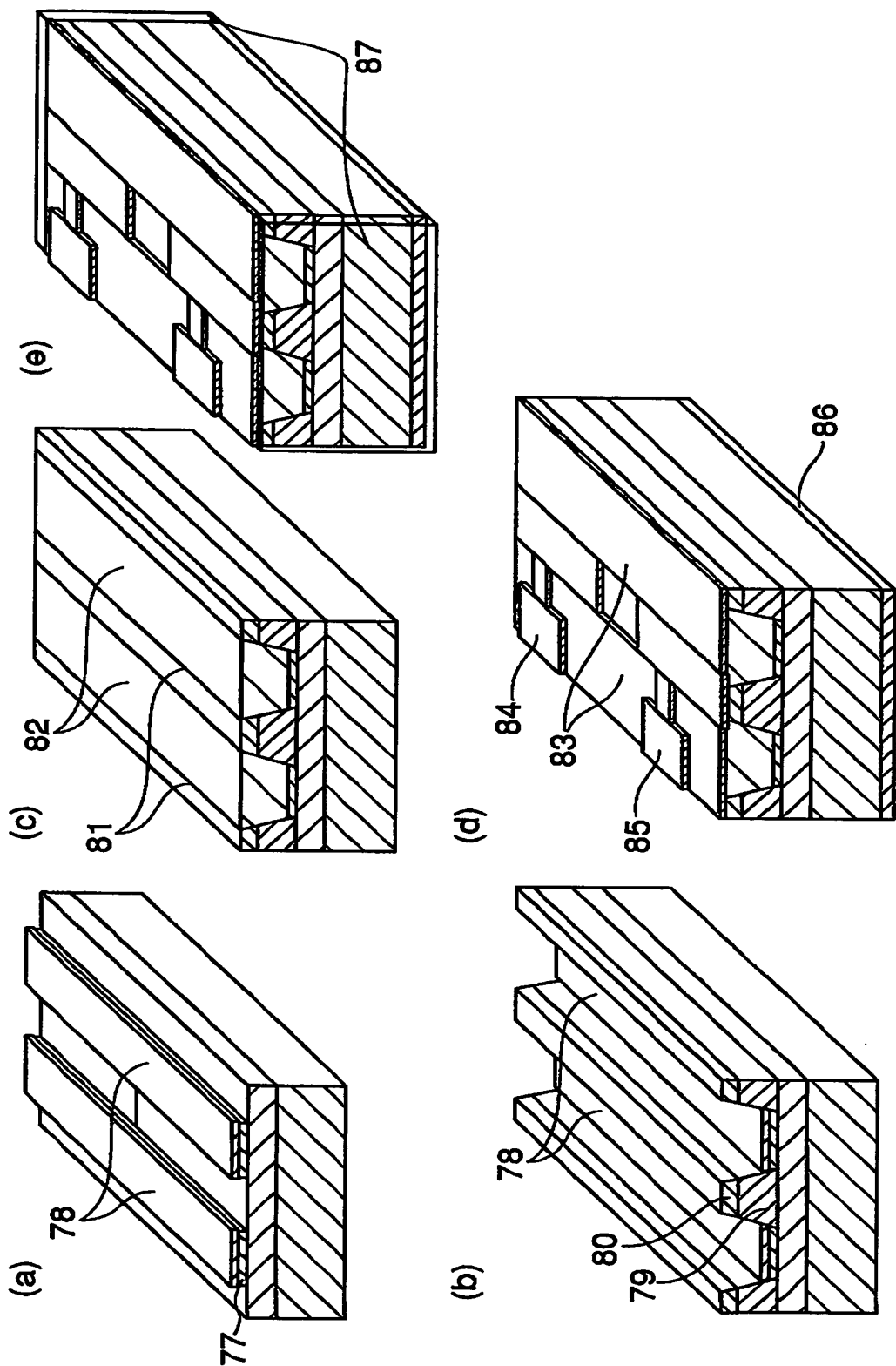
【図 7】



【図 8】

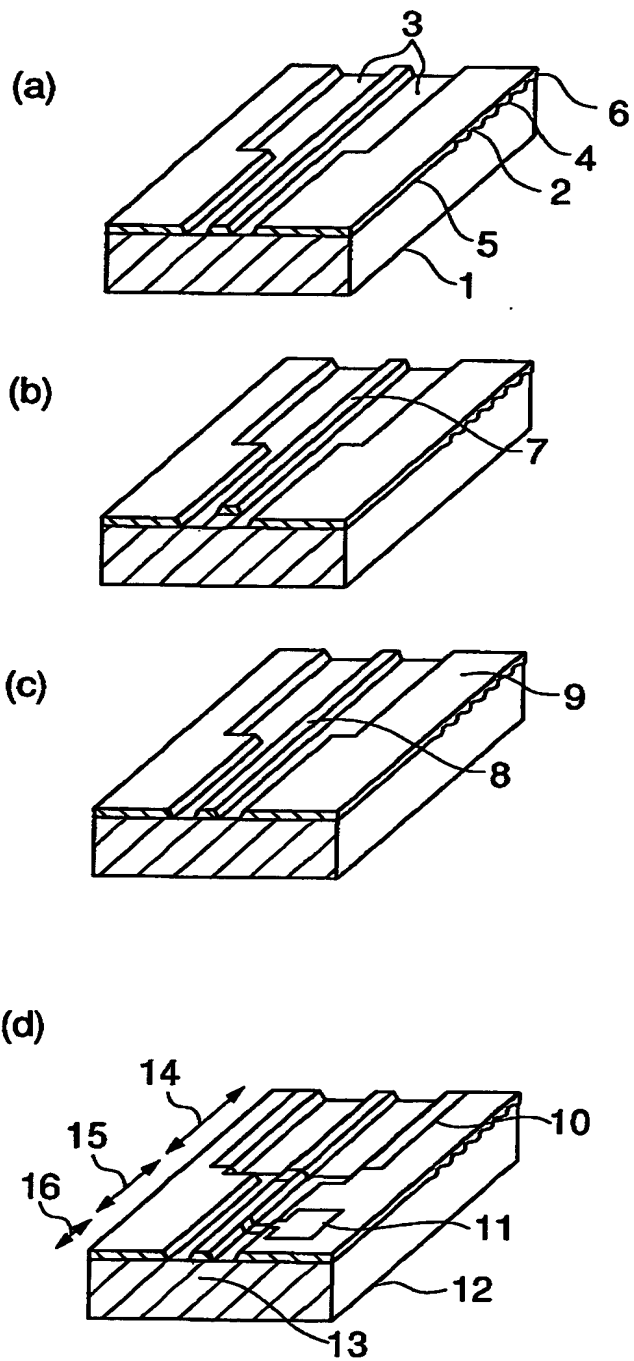


【図9】





【図 1 0】



【書類名】 要約書

【要約】

【目的】 デバイスの消光比特性の向上が図れ、かつデバイスの偏波依存性を小さくすることができる導波路型光素子、これを用いた集積化光導波路素子、及びその製造方法を提供すること。

【構成】 光吸収層12および p-InP クラッド層15をMOVPE成長する際、光吸収層12成長時は不純物を添加せず、p-InP クラッド層15成長時は、p 型不純物を添加する。このとき、p 不純物として添加する原料は、亜鉛 (Zn) が選ばれる。このとき、亜鉛のキャリア密度を制御することにより、吸収層に亜鉛が拡散する量を制御する。実際には、MOVPE成長は、600～700℃程度の高温で成長する。また、成長時間も通常 p-InP クラッド層15は1  $\mu\text{m}$  以上成長するので、成長速度によるが20～60分程度かかる。亜鉛の拡散は、キャリア密度と温度と時間によって決まる。それらの値を制御することによって、光吸収層12に亜鉛が拡散するよう成長条件を制御する。拡散する量も光吸収層12と p-InP クラッド層15の界面に拡散する程度とし、光吸収層12を貫通しないよう制御する必要がある。

【選択図】 図2

特 2 0 0 1 - 3 3 6 6 4 2

## 認定・付加情報

特許出願の番号	特願 2 0 0 1 - 3 3 6 6 4 2
受付番号	5 0 1 0 1 6 1 6 9 9 5
書類名	特許願
担当官	第二担当上席 0 0 9 1
作成日	平成 1 3 年 1 1 月 2 日

### <認定情報・付加情報>

【提出日】	平成13年11月 1日
-------	-------------

次頁無

特 2 0 0 1 - 3 3 6 6 4 2

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [ 0 0 0 0 0 0 2 9 5 ]

1. 変更年月日 1 9 9 0 年 8 月 2 2 日

[ 変更理由 ] 新規登録

住 所 東京都港区虎ノ門1丁目7番12号

氏 名 沖電気工業株式会社